

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H01L 27/04

H01L 29/84

H04R 17/02

H04R 23/00

H04R 31/00

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00134966.X

[43] 公开日 2001 年 6 月 13 日

[11] 公开号 CN 1299152A

[22] 申请日 2000.12.11 [21] 申请号 00134966.X

[30] 优先权

[32] 1999.12.9 [33] JP [31] 350277/1999

[32] 2000.7.31 [33] JP [31] 231329/2000

[71] 申请人 夏普公司

地址 日本大阪市

[72] 发明人 广崎有史 田中清公

木村史郎 山本郁夫

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

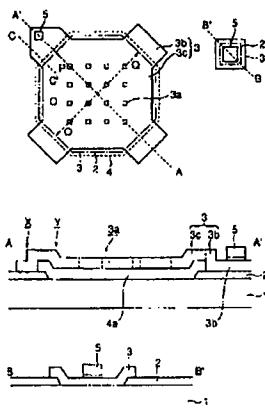
代理人 吴增勇 陈景峻

权利要求书 3 页 说明书 23 页 附图页数 17 页

[54] 发明名称 电声换能器及其制造方法和使用该器件的电声换能装置

[57] 摘要

一种电声换能器包括下电极、上电极和绝缘层，其中，上电极包括振动部分和用来在振动部分周边起码一部分支持振动部分的支持部分，而绝缘层用来把下电极和上电极绝缘开，其中上电极在振动部分和/或支持部分具有起伏，以便在上电极和下电极之间形成空腔。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

## 权利要求书

1. 一种电声换能器，它包括：  
下电极；  
5 上电极，它包括振动部分和用作在振动部分周边起码一部分支持振动部分的支持部分；和  
绝缘层，用来把下电极与上电极绝缘开，  
其中所述上电极在所述振动部分和/或所述支持部分具有起伏，以便在所述上电极和所述下电极之间形成空腔。
- 10 2. 根据权利要求 1 的电声换能器，其特征在于：所述上电极起码在所述支持部分的顶面有起伏。
3. 根据权利要求 1 的电声换能器，其特征在于：所述上电极的起伏是通过使所述绝缘层的端部附近的所述振动部分弯曲来形成的。
- 15 4. 根据权利要求 1 的电声换能器，其特征在于：所述振动部分的端部的底面高于所述支持部分在所述绝缘层正上方延伸的区域的顶面。
5. 根据权利要求 1 的电声换能器，其特征在于：所述振动部分的端部的底面低于所述支持部分在所述绝缘层正上方延伸的区域的顶面或者处在与其相同的高度。
- 20 6. 根据权利要求 1 的电声换能器，其特征在于：所述在其周边区域，所述振动部分有多个小面，它们离下电极有不同距离。
7. 根据权利要求 1 的电声换能器，其特征在于：所述振动部分起码有一个小孔。
- 25 8. 根据权利要求 1 的电声换能器，其特征在于：所述支持部分在离所述振动部分中心等距离的三个地方支持所述振动部分。
9. 根据权利要求 1 的电声换能器，其特征在于：所述振动部分基本上是圆形。
10. 根据权利要求 1 的电声换能器，其特征在于：所述振动部分

00·12·15

的形状是基本上等边的多边形。

11. 根据权利要求 1 的电声换能器，其特征在于：所述下电极由半导体衬底构成。

12. 根据权利要求 1 的电声换能器，其特征在于：所述上电极与所述下电极各自连接到用于加电压的以金隆起块(bumps)制成的端子。

13. 根据权利要求 1 的电声换能器，其特征在于：所述电声换能器在所述上电极的所述振动部分的周边配备有壁。

14. 根据权利要求 1 的电声换能器，其特征在于：所述电声换能器在所述上电极的所述支持部分的周边配备有壁。

15. 根据权利要求 1 的电声换能器，其特征在于：所述电声换能器在所述上电极的所述振动部分和所述支持部分之上延伸的周边区域配备有壁。

16. 据权利要求 13 到 15 中的任何一个权利要求的电声换能器，其特征在于：所述上电极配备有多个壁。

17. 根据权利要求 16 的配备有多个壁的电声换能器，其特征在于：越靠近所述振动部分的中心的所述壁越短。

18. 根据权利要求 13 到 15 中的任何一个权利要求的电声换能器，其特征在于：所述上电极配备有一个这样的壁，向着所述振动部分的中心，所述壁的顶面的高度减小。

19. 一种电声换能装置，它包括多个权利要求 1 中所述的电声换能器。

20. 一种生产电声换能器的工艺过程，它包括下面的步骤：

(a) 在下电极上有选择地形成绝缘层，使得所述下电极表面部分地暴露出来；

(b) 在所述下电极的所述暴露的表面上以及所述下电极的所述暴露的表面周围的所述绝缘层区域有选择地形成反应(sacrificial)膜；

(c) 在所述反应(sacrificial)膜上形成上电极，所述上电极把所述反

00·10·15

应膜的一部分暴露出来、并复盖所述反应膜的延伸在所述绝缘层上的周边部分；和

(d)经由所述反应膜的所述暴露的部分、采用去除所述反应膜的方法，在所述上电极和所述下电极之间形成空腔。

5 21. 根据权利要求 20 的工艺过程，其特征在于：在所述步骤(b)中形成所述反应膜之后以及所述步骤(c)之前，利用在所述反应膜上形成的呈所需要的形状的抗蚀剂图案，刻蚀所述反应膜的表面，以便在所述绝缘层的边缘附近的所述反应膜的表面上形成起伏。

10 22. 根据权利要求 20 的工艺过程，其特征在于：在所述步骤(c)中形成上电极的同时，或在所述步骤(c)中形成所述上电极之后以及所述步骤(d)之前，在所述上电极上形成小孔，并且在所述步骤(d)中通过所述小孔去除所述反应膜。

15 23. 根据权利要求 20 的工艺过程，其特征在于：在所述步骤(b)中，在整个下电极表面上淀积用磷掺杂的氧化硅的反应膜，在使所述反应膜表面平滑的温度下对所述反应膜作热处理，并且使所述反应膜形成所需要的图案。

00·10·15

## 说 明 书

### 电声换能器及其制造方法和 使用该器件的电声换能装置

5

本发明涉及电声换能器及其制造方法和使用该电声换能器的电声换能装置。

已经提出一种半导体器件，其中的电容器能起电声换能器的作用，例如在半导体芯片上集成微音器(例如见 WO84/03410)。

10

如图 21(e)所示，这种电容器包括：作为电容器的一个电极的振动膜 82；一个氮化硅膜制成的支持部分 83；作为电容器另一个电极的多晶硅膜 85 和在多晶硅膜 85 上面形成的绝缘膜 87，其中，振动膜 82 在有空腔 81a 的半导体衬底 81 上形成，支持部分 83 保证了在与半导体衬底 81 的空腔 81a 对应的区域处形成空腔 84a，多晶硅膜 85 从支持部分 83 的上面伸展到空腔 84a 的一部分之上，绝缘膜 87 基本上覆盖空腔 84a，只在空腔 84a 上方留有小孔 87a。

15

这电容器用下面的工艺制成，请参考图 21(a)到图 21(e)。

20

首先，如图 21(a)所示，在半导体衬底 81 的顶面上形成作为电容器的一个电极的扩散层，它是振动膜 82，然后在扩散层上以所需要的形状有选择地形成氮化硅膜制成的支持部分 83。

随后，如图 21(b)所示，在所形成的半导体衬底 81 中的不存在支持部分 83 而又露出扩散层的部位上填上 PSG 膜 84，后者有与支持部分 83 相同的表面高度。

25

跟着，如图 21(c)所示，在 PSG 膜 84 以及支持部分 83 的上面形成作为电容器的另一个电极的多晶硅膜 85。这时多晶硅膜 85 被加工成把 PSG 膜 84 的表面的一部分暴露出来。

随后，如图 21(d)所示，在所形成的半导体衬底 81 的顶表面和底表面上形成绝缘膜 87。在半导体衬底 81 的顶表面的绝缘膜 87 处形成

小孔 87a，而在半导体衬底 81 的底表面的绝缘膜 87 处形成开口 87b。

此后，如图 21(e)所示，经小孔 87a 通过刻蚀 PSG 膜 84 而在扩散层与多晶硅膜 85 之间形成空腔 84a，同时刻蚀半导体衬底 81 的底表面，直到露出扩散层为止，从而形成开口 81a。这样，就形成了振动膜 82。

在上述的电容器中，在离所形成的半导体衬底 81 的表面某一距离处，在里面形成了作为电容器的一个电极的振动膜 82。在所形成的半导体衬底 81 的表面形成了作为电容器的另一个电极的多晶硅膜 85。在这样的结构中，从开口 81a 输入的声波(声信号)使振动膜 82 振动，从而改变了均为电容器电极的振动膜 82 和多晶硅膜 85 之间的距离，因而改变了电容器的电容量。这样就产生了等效于声信号的电信号。

可是，具有上述结构的电容器有难以控制振动膜 82 厚度的问题，因为作为一个电极的振动膜 82 是通过刻蚀使半导体衬底 81 变薄而形成的。

另一方面，提出了能容易地控制振动膜厚度的电容器，它在半导体衬底上有两个电极，虽然这种电容器不起电声换能器作用，但是起探测外部压力的压力传感器的作用(见日本公开特许公报 No.HEI 4(1992)-127479)。

如图 22 所示，这种电容器有作为电容器的一个电极的 p 型扩散层 92、支持层 94 和作为电容器的另一个电极的多晶硅膜 96，其中 p 型扩散层 92 在 n 型硅衬底 91 上形成，在 p 型扩散层 92 上隔着一层氧化物层 93 形成支持层 94，而隔着一层氧化物层 95 在支持层 94 上形成多晶硅膜 96。形成氧化物层 95 以便完全覆盖支持层 94，并确保在支持层 94 内有一个空腔 94a。在空腔 94a 上的氧化物层 95 处形成多个小孔 95a。均为电容器电极的 p 型扩散层 92 和多晶硅膜 96 分别连接到不同的布线层 97 和 98。

这种电容器用下面的工艺生产。

首先通过把高浓度杂质注入到 n 型硅衬底 91 的表面来形成 p 型扩

散层 92。此后，以氧化物膜 93 完全覆盖所得的硅衬底 91，在此氧化物膜 93 上形成凸台形状的多晶硅支持层 94。以氧化物膜 95 完全覆盖支持层 94。在氧化物膜 95 处形成多个小孔 95a。通过这些小孔 95a 把支持层 94 的多晶硅部分刻蚀掉，以便形成空腔 94a。

5 进而，用 CVD 方法来生长多晶硅膜 96，以便覆盖氧化物膜 95 并封闭空腔 94a。用光刻方法使多晶硅膜 96 形成图案，以便在空腔 94a 上形成电容器的另一电极。这时在封闭的空腔 94a 内所封闭的压力就是压力探测的基准压力。

10 随后，在多晶硅膜 96 上形成另一氧化物膜 99，并在多晶硅膜 96 和 p 型扩散层 92 之上的氧化物膜 99 内形成开口。形成导电膜，并使其形成图案，以便制成布线层 97 和 98，它们分别通过开口连接到 p 型扩散层 92 和多晶硅膜 96。

15 在这种压力传感器中，在空腔 94a 之上的多晶硅膜 96 构成弹性元件形式的振动膜。当外压力使多晶硅膜 96 变形时，通过把 p 型扩散层 92 和多晶硅膜 96 之间的静电电容的变化与对应于基准压力的静电电容作比较来检测或测量压力。

20 可是，在这种压力传感器中，因为在形成空腔 94a 之后才形成作为电容器的另一电极的多晶硅膜 96，多晶硅膜 96 向半导体衬底 91 弯曲，并且不能保证足够的张力。如果多晶硅膜 96 的张力非常小，氧化膜 95 就会与作为电容器的一个电极的 p 型扩散层 92 接触。为此，如果把这种压力传感器用作电容器来产生等效于声信号的电信号，则频率特性就被限制在某一范围内。因此不能获得足够好的声特性，并且不能产生等效于声信号本身的电信号。因此，这种电容器不能应用于例如微音器或类似器件的电声换能器。

25 此外，因为空腔 94a 完全被多晶硅膜 96 封闭，所以，如果外压力变得低于空腔 94a 内的压力，则空腔 94a 膨胀，而如果外压力变得高于空腔 94a 内的压力，则空腔 94a 收缩。因此，声特性恶化。

鉴于上述情况，本发明的一个目的是提供这样一种电声换能器和

它的制造工艺，这种电声换能器有易于控制作为电容器的一个电极的振动膜的厚度，保证振动膜有适当的张力，因而表现出良好的声特性。

本发明提供一种电声换能器，它包括下电极、上电极和绝缘层，其中，上电极包括振动部分和用来在振动部分周边起码一部分支持振动部分的支持部分，而绝缘层用来把下电极与上电极绝缘开，其中上电极在振动部分和/或支持部分有一个起伏部分、以便在上电极和下电极之间形成空腔。

在另一方面，本发明提供一种生产电声换能器的工艺过程，它包括下面的步骤：

(a) 在下电极上有选择地形成绝缘层，使得下电极表面部分地暴露出来；

(b) 在下电极暴露的表面和下电极暴露的表面周围的绝缘层区域有选择地形成反应(sacrificial)膜；

(c) 在反应(sacrificial)膜上形成上电极，上电极把反应膜的一部分暴露出来，并复盖反应膜的周边部分，以便延伸到绝缘层上；和

(d) 采用经由反应膜暴露的部分用去掉反应膜的方法，在上电极和下电极之间形成空腔。

从下面所作的详细描述，将更清楚本申请的这些和其它的目的。可是，应该理解到，表示本发明的最佳实施例的详细描述和特殊例子只是为了说明，因为对于本专业的技术人员来说，根据这种详细描述，在本发明的精神和范围内的各种变化和修改将变得显而易见。

图 1(a)是用来说明根据本发明的电声换能器的第一实施例的主要部分的示意的平面图，图 1(b)是沿着图 1(a)中的 A-A'线所取的剖面图，而图 1(c)是沿着图 1(a)中的 B-B'线所取的剖面图；

图 2(a)到图 2(e)和图 2(a')到图 2(b')是用来说明图 1(a)到图 1(c)所示电声换能器的生产工艺的主要部分的示意的剖面图；

图 3(a)到图 3(b)是说明反应膜热处理效应的主要部分的示意的剖面图；

图 4 是说明当空气摩擦阻力变化时的灵敏度-频率特性的曲线图;

图 5 是说明根据本发明的电声换能器的工作原理的示意图;

图 6 是说明根据本发明的电声换能器的第二实施例的主要部分的示意的剖面图;

图 7 是说明根据本发明的电声换能器的第三实施例的主要部分的示意的剖面图;

图 8 是说明根据本发明的电声换能器的第四实施例的主要部分的示意的剖面图;

图 9 是说明根据本发明的电声换能器的第五实施例的主要部分的示意的剖面图;

图 10 是说明根据本发明的电声换能器的第六实施例的主要部分的示意的剖面图;

图 11 是说明根据本发明的电声换能器的第七实施例的主要部分的示意的剖面图;

图 12(a)和图 12(b)是说明根据本发明的电声换能器的第八实施例的主要部分的示意的剖面图;

图 13(a)和图 13(b)分别是说明根据本发明的电声换能器的第九实施例的主要部分的示意的平面图和示意的剖面图;

图 14(a)至图 14(e)和图 14(a')至图 14(e')是说明生产图 13(a)到图 13(b)所示电声换能器的工艺的主要部分的示意的剖面图;

图 15(a)和图 15(b)分别是说明根据本发明的电声换能器的第十实施例的主要部分的示意的平面图和示意的剖面图;

图 16(a), 图 16(b)和图 16(c)是说明生产图 15(a)和图 15(b)所示电声换能器的工艺的主要部分的示意的平面图和示意的剖面图;

图 17(a), 图 17(b)和图 17(c)分别是说明根据本发明的电声换能器的第十一实施例的主要部分的示意的平面图和示意的剖面图;

图 18(a)到图 18(g)是说明生产根据本发明的电声换能器的第十二

实施例的工艺的主要部分的示意的剖面图;

图 19 是说明根据本发明的电声换能器的第十三实施例的主要部分的示意的剖面图;

图 20(a)和图 20(b)分别是说明根据本发明的电声换能器的第十四实施例的主要部分的示意的平面图和示意的剖面图;

图 21(a)到图 21(e)是传统的电声换能器的主要部分的示意的剖面图;和

图 22 是传统的压力传感器的主要部分的示意的剖面图。

本发明的电声换能器有电容器类型的结构，其电容量由空腔(空气)形成，它主要包括下电极；上电极；和处在下电极和上电极之间的绝缘层。

对下电极材料没有特别的限制，只要它们是导电的即可。下电极材料的例子包括非晶、单晶或多晶的 n 型或 p 型元素半导体(例如硅、锗等)或化合物半导体(例如 GaAs、InP、ZnSe、CsS 等)；例如金、铂、银、铜、铝之类的金属；例如钛、钽、钨之类的难熔金属；以及难熔金属的硅化物和 polycides，等等。下电极可以用上述的一种材料的单层膜构成或上述的一些材料的多层膜构成。在这些材料中间，最好采用用作半导体器件衬底的材料。更详细地说，最好采用单晶或多晶的 n 型或 p 型半导体衬底，特别是硅衬底。下电极也可以由上述的导电材料的一层膜构成，它与半导体衬底之间插入一层绝缘膜，从而成为所谓多层布线结构，在这种结构中，混合形成例如晶体管和电容器这样的半导体器件、电路、绝缘膜、布线层等等。下电极也可以以 SOI 衬底或多层 SOI 衬底的顶层半导体层的形式形成。在这情况下，下电极的厚度没有特别的限制。在下电极由半导体衬底构成的情况下，半导体器件、电路、绝缘层、布线层等等可以在下电极以外的半导体衬底其它区域混合形成，可以在半导体衬底表面形成 n 型或 p 型扩散层，并且可以在半导体衬底表面上形成沟槽、小岛等等。

对上电极材料没有特别的限制，只要是导电的即可。与上述下电

极材料相同的材料也可以用于上电极。特别是，上电极最好用多晶硅膜制成。如果多晶硅膜用作上电极，则多晶硅膜的表面电阻最好调节到这样的程度，以便如此抑制寄生电阻、使得电声换能器的输出灵敏度不减小，例如把所述表面电阻调节到到几十 $\Omega\cdot\text{cm}^2$ 。上电极最好有均匀的厚度，但可以局部地厚些或薄些。上电极的厚度在大约 1 到  $2\mu\text{m}$  范围比较合适。

上电极包括振动部分和支持部分。

振动部分指的是上电极中正好在空腔(例如见图 1(b)的 3c)之上的部分，即，与空腔从下电极一侧向上电极投影的图像面积相对应的上电极部分。振动部分具有借助外部声音引起振动而改变上和下电极之间的电容的功能。对振动部分的形状没有特别的限制，但根据随后详细描述的支持部分的位置、数目、尺寸等等来适当地设置振动部分的形状。例如，振动部分可以是圆形的或多边形的。从振动部分的中心到它的边(或圆周)的距离相等(例如在图 1(a)中  $P = Q = 0$ )比较合适，并且振动部分最好是圆形的、基本上圆形的、等边多边形的或基本上等边多边形的，所谓基本上等边多边形就是对应的等边的多边形的角被切掉，其中，等边六边形和等边八边形更好，而特别好的是等边六边形。对振动部分的尺寸没有特别限制，但可以是例如大约  $1.0 \times 10^5$  到大约  $40.0 \times 10^5 \mu\text{m}^2$ ，更具体地说，大约  $2.5 \times 10^5$  到大约  $14.4 \times 10^5 \mu\text{m}^2$ 。

振动部分最好有一个或多个小孔，例如，其直径最好是例如大约 2 到大约  $10\mu\text{m}$ 。小孔的数目可以根据振动部分的尺寸而变，但如果振动部分具有上述范围内的尺寸，则小孔的数目可以是大约 100 或更少，最好是大约 60 到大约 90。

支持部分用来在振动部分周边的起码一部分支持振动部分。支持部分占有除上述振动部分以外的上电极的其余部分。在起码两个位置上形成支持部分是合适的，最好是在三个位置上形成，这些位置离振动部分中心有相同距离。最好根据下面的原则来确定支持振动部分的支持部分相对于振动部分总周边的比率，即，支持部分能有效地保

持振动部分的振动，并且能向振动部分提供适当的张力，例如大约是振动部分总周边的 50% 或小些。

上电极呈钟形(is contoured)。换而言之，上电极具有起伏。上电极有起伏指的是，只是上电极的底面(对着下面要详细描述的下电极的面)、只是上电极的顶面(对着下电极的面的相反的面)或上电极的底面和顶面两者有阶梯状或逐渐改变离下电极的顶面(对着下电极的面)的距离。

在此，“阶梯状”表达的意思是上电极的底面和/或顶面与下电极的顶面之间的距离突然改变，即，上电极的底面和/或顶面起码有两个面，它们离下电极的顶面有不同距离。“逐渐”表达的意思是上电极的底面和/或顶面与下电极的顶面之间的距离缓慢地变化，即，上电极的底面和/或顶面与下电极的顶面之间的距离有变化，但这种距离变化不是基于不同的表面。只在上电极的底面或只在上电极的顶面有起伏的意思是：上电极的厚度部分地改变，因而在底面或顶面形成起伏，即形成突出或凹陷部分。在上电极的底面和上电极的顶面都有起伏的意思是：上电极的厚度基本上均匀，而通过使上电极弯曲来形成起伏。

通过使其起伏，上电极可以具有：仅仅一个凹陷或一个凸起(例如见图 7 或 9)、多个凹陷和/或多个凸起、在一个凹陷处有一个或多个凹陷和/或凸起、以及在一个凸起处有一个或多个凹陷和/或凸起(例如见图 1(b))。可以只在支持部分的顶面(见图 7)、只在支持部分的底面或只在支持部分的顶和底面；只在振动部分的顶面、只在振动部分的底面或只在振动部分的顶和底面(例如见图 9)；或在支持部分的顶面、在支持部分的底面或在支持部分的顶和底面，以及在振动部分的顶面、在振动部分的底面或在振动部分的顶和底面(例如见图 1(b)、6 和 8)形成起伏。最好是，只在支持部分的顶面(例如见图 7)、只在振动部分的顶和底面(例如见图 9)，或在支持部分的顶面和在振动部分的顶和底面(例如见图 1(b)、6 和 8)形成起伏。如果起伏是在振动部分，则最好通过使后面详细叙述的绝缘层的边缘附近的振动部分弯曲来形成起伏。在

上电极绝缘层的边缘附近的意思是指这样的上电极区域：这区域位置离处于上电极之下的绝缘层的边缘的距离为振动部分最大宽度的大约1%。更具体地说，这指的是离绝缘层的边缘大约 $10\mu\text{m}$ 距离内的上电极区域。

此外，通过使上电极有起伏，振动部分的端部的底面最好处在高于正好在绝缘膜上方延伸的支持部分的一个区域的顶面的位置(例如见图6、7和8)，或处在比所述顶面低或处在与支持部分的所述顶面相同高度的位置(例如见图1(b))。在此，对振动部分端部的底面与正好在绝缘膜上方延伸的支持部分区域的顶面之间的高度差没有特别的限制，但可以根据上电极的厚度、空腔的高度等作适当的调整。这样，就有可能在给振动部分提供适当张力和防止上电极与下电极接触的同时，保证声音引起的振动均匀地传输。特别是，在振动部分的端部的底面高于正好在绝缘膜上方延伸的支持部分区域的顶面的情况下，支持部分还能吸收振动膜的过大的振动，从而防止上电极破裂。在另一方面，在振动部分的端部的底面低于正好在绝缘膜上方延伸的支持部分区域的顶面或处在与其相同高度的情况下，可以减小空腔的体积，从而能改进输出灵敏度。

振动部分的中心部分最好有均匀的厚度而没有起伏。但是，除了绝缘层的边缘附近的起伏外，在其周边处，振动部分可以有多个小面(多个区域)，它们离下电极的顶面有不同距离(例如见图12(b))。在此，振动部分周边指的是振动部分的这样的区域，该区域处于离振动部分的外边缘向振动部分的中心的距离大约为振动部分最大宽度的10%，最好是8%的位置。更具体地说，它指的是这样的区域，它离开振动部分外边缘向振动部分中心的距离大约为 $100\mu\text{m}$ ，最好是大约 $80\mu\text{m}$ 。离下电极的顶面有不同距离的所述多个小面可以通过形成一个或多个，最好是两到三个凹陷或凸起来形成。在这情况下，凹陷或凸起之间的间隔例如大约为 $10\mu\text{m}$ 到 $20\mu\text{m}$ 是适当的。

通过上电极的起伏而在下电极和上电极之间形成空腔。空腔是一个张开的空间，在空腔的一个部分与空气接触。空腔最好基本上只通过上电极的起伏来形成，但除了通过上电极的起伏来形成外，也可以通过在下电极和上电极之间插入随后要详细描述的绝缘膜来形成。根据下电极不接触上电极，同时又能获得所需要的声特性来确定空腔的高度。例如，高度可以在 1 到  $3\mu\text{m}$  之间的范围内。空腔可以有均匀的高度，但也可以局部地低些或高些。空腔的尺寸可以根据加到要制造的电声换能器上的电压大小、所需要的声特性等等而变化。例如，空腔可以有大约  $1.0 \times 10^5$  到  $40.0 \times 10^5 \mu\text{m}^2$  的面积。

绝缘层有防止下电极和上电极接触以及保证它们之间绝缘的作用。在某些情况下，绝缘层可以起到构成空腔的一部分的功能。只要是绝缘的，对绝缘层没有特别的限制。例如，绝缘层可以用例如氮化硅膜、氧化硅膜、这些膜的叠层等制成。绝缘层的厚度可以是例如大约 0.5 到大约  $1.2\mu\text{m}$ 。起码在能防止下电极和上电极接触的区域形成绝缘层就足够了，但绝缘层也可以在起下电极作用的区域以外的区域上形成。

本发明的电声换能器可以有一个壁，它围绕着上电极的振动部分、上电极的支持部分和/或延伸在上电极的振动部分和支持部分上方的区域。所述壁可以用导电的或绝缘的材料制成，例如硅、锗等的半导体素，例如 Au,Ni,Ag,Cu 等的金属，例如钛、钽、钨等的难熔金属，这些金属的合金等，在这些金属中，最好用能以电镀方法容易地成形的例如 Au,Ni,Ag 等金属。

可以把壁做成例如绕着整个上电极的闭合曲线、做成例如绕着上电极的多个矩形、做成双重、三重……闭合曲线或开放的壁。最好把壁做成闭合曲线。对壁的形状没有特别的限制。虽然壁可以有基本上平行于下电极表面的平的顶面，但是，最好把壁做成向着振动部分的中心其高度变小。在此，向着振动部分的中心其高度变小的意思是，单壁或多个壁中的每个壁可向着中心阶梯状地或向着中心倾斜地减小其

5

高度，这意思也是，多个壁可向着中心阶梯状地或向着中心倾斜地减小它们的高度。在形成多个壁的情况下，所有的壁不需要有相同的高度、宽度等。把壁的高度和宽度分别调整到大约 5 到  $30\mu\text{m}$  的范围和大约 20 到  $100\mu\text{m}$  的范围为合适。通过调整壁的高度、间隔、宽度等，就可以优化声音收集效率、方向性和/或类似的参数。

10

此外，在本发明的电声换能器中，下电极和上电极最好分别连接到各自的用于加电压的端子。端子可以用通常用作电极端子的任何导电材料做成，但最好用不能氧化的抗腐蚀的金属，例如金、铂等金属制成。如果上电极和/或下电极用半导体材料制成，则在与端子接触的区域最好形成高掺杂层，以便减小与端子的接触电阻。在这情况下，杂质浓度可以在大约  $1.0 \times 10^{19}$  到大约  $1.0 \times 10^{20}$  离子/ $\text{cm}^3$  数量级。

15

本发明的电声换能器可用于微音器、喇叭等。特别是，通过把该换能器与半导体器件集成在一起能够减小其尺寸和改善这种装置的性能。更具体地说，电声换能器可用于便携电话、计算机的声音输入/输出装置、在半导体信息装置中的小尺寸的记录/重放装置等等。

也可以通过把许多上述的电声换能器组合起来或任选地把电声换能器与其它需要的器件组合起来实现本发明的电声换能装置。

20

为了制造本发明的电声换能器，首先在步骤(a)，在下电极上有选择地形成绝缘膜，使得下电极部分地暴露出来。可以用已知的方法来形成下电极。例如，在下电极由半导体衬底形成的情况下，可以通过用所需要的杂质掺杂半导体衬底并使其具有某一电阻率来形成下电极。或在用导电的单层或多层膜形成下电极的情况下，可以通过以喷镀、汽相淀积、化学汽相淀积(CVD)法等在适当的衬底上形成导电材料膜、并把所形成的膜做成所需要的形状的图案来形成下电极。

25

可以用已知的方法，例如用在下电极的整个表面上形成一层绝缘材料的膜、并用光刻(影印)和刻蚀方法把这膜变成所需要的形状的图案的方法，来有选择地形成绝缘层。这里，可以用只在下电极的一部分的上面有开孔的掩模图案，或用只覆盖下电极的一部分的掩模图案

来使绝缘层形成图案。对绝缘层的厚度没有特别的限制，可以是大约 0.5 到  $1.2\mu\text{m}$ 。

在步骤(b)，在下电极的暴露部分和在围绕着下电极暴露部分的绝缘层的区域有选择地形成反应膜。可用与步骤(a)中所述的形成绝缘层的基本上相同的方法来有选择地形成反应膜。这里，需要形成从下电极正上方延伸到与绝缘层重叠的反应膜。在此，重叠的范围或重叠部分的宽度可以根据要制造的电声换能器的尺寸、特性等等来调整到合适的值，可以是例如大约 5 到大约  $50\mu\text{m}$ ，在大约 10 到大约  $30\mu\text{m}$  更好。反应膜最好用这样的材料制成，在某刻蚀条件下用某种刻蚀方法刻蚀时，它比下电极、上电极、绝缘膜等具有更大的刻蚀率。这种材料的例子包括掺磷二氧化硅玻璃 (PSG)，旋涂玻璃 (SOG)，掺硼磷硅玻璃 (BPSG)， $\text{SiO}_2$  等。对反应膜的厚度没有特别的限制，但例如可以是大约 1 到  $3\mu\text{m}$ 。

如果使用磷掺杂的氧化硅膜作为反应膜，最好在整个下电极表面上形成反应膜之后，在能使膜表面平滑的温度下对反应膜作热处理。在此，可根据反应膜的类型、厚度等，适当地设定热处理，可以在大约 900 到大约  $1000^\circ\text{C}$  温度下进行热处理 10 到 100 分钟。

如果使用 SOG 作为反应膜，则不需要分开进行热处理。此外，因为 SOG 有相当大的刻蚀率，所以可以减少刻蚀时间。因此，可以简化生产工艺。

如果如上所述的那样，在上电极的振动部分的外周边形成多个到下电极有不同距离的小面，则最好是在反应膜的适当地方形成具有预定的线宽度的抗蚀剂图案，然后用这抗蚀剂图案作为掩模，把反应膜刻蚀到预定的深度，以便在其上形成起伏或凸起和凹陷。从而，在后面的一个步骤中，在其表面有起伏或凸起和凹陷的反应膜上形成上电极，结果，上电极依照反应膜上的起伏或凸起和凹陷而本身出现起伏或凸起和凹陷。对在反应膜上的起伏或凸起和凹陷的高度没有特别的限制，但可以这样来考虑，即，能在后面的一个步骤中为上电极的振

动部分提供足够的张力，这高度例如是大约 0.3 到  $1.0\mu\text{m}$ 。此外，在反应膜上的起伏或凸起和凹陷的形成包括了对一次形成的反应膜的刻蚀，这刻蚀减小了反应膜的厚度。因此，考虑到用刻蚀方法减小厚度，有必要首先形成较厚的反应膜。

5 在步骤(c)，在反应膜上形成上电极。上电极把反应膜的一部分暴露出来，覆盖反应膜的周边部分，并延伸到绝缘层上。如上所述，上电极做成这样的形状，使得振动部分起码在一个地方，通常在两个或更多地方被支持部分所支持。因此，在此，上电极做成这样的形状，以便把反应膜局部地暴露出来，并延伸到绝缘层，局部地覆盖反应膜的周边。即，上电极从振动部分的形成支持部分的区域突出/伸展，覆盖形成振动部分的反应膜区域，并进一步在形成振动部分的区域的外周边处暴露出反应膜。可以用类似于形成单层或多层导电材料膜的下电极的方法来形成上电极。

10 15 在形成上电极之后或同时，最好在限定振动部分的区域形成够到反应膜的一些小孔，以便在下一个步骤易于去掉反应膜。通过在整个表面形成上电极材料膜、并利用具有对应于上电极的图案以及对应于小孔的开口的掩模来使所述上电极材料膜形成所需图案的方法，在形成上电极的同时形成小孔。另一种方法是，在形成上电极图案之后，利用只在要形成小孔的位置有开口的掩模，通过刻蚀上电极来形成小孔。

20 25 在步骤(d)，通过反应膜暴露的地方把反应膜去掉。最好把反应膜基本上完全去掉。可以用各种方法去掉反应膜，例如干法刻蚀、湿法刻蚀等。但是，最好是使用有选择地只刻蚀反应膜的刻蚀剂的湿法刻蚀来去掉反应膜。更具体地说，可以一提的方法是，把反应膜浸没在含有 HF、磷酸、硫酸、硝酸等中一种或多种酸的刻蚀剂中，最好是浸没在含 HF 的刻蚀剂中大约 1 到 10 分钟。在上电极上形成小孔的情况下，能用较短时间去掉反应膜，因为反应膜能大面积地接触刻蚀剂。这样，就在下和上电极之间形成空腔。

现在来参考附图详细地描述本发明的电声换能器和生产这种器件的工艺。

### 第一实施例

如图 1(a)到 1(c)所示，本实施例的电声换能器包括：硅衬底 1 构成的下电极；包括振动部分 3c 和支持部分 3b 的多晶硅膜 3 构成的上电极；在下电极和上电极之间形成的空腔 4a；以及设置在下电极和上电极之间的 SiN 膜 2 的绝缘层，其中支持部分 3b 从在振动部分 3c 周边上的四个地方延伸。除了正好在上电极的振动部分 3c 下面的开口和用于把端子连接到下电极的区域外，在图 1(a)中以长短交替的虚线表示的绝缘层几乎复盖了整个硅衬底 1 的表面。

上电极的振动部分 3c 基本上呈等边八边形，从它的中心到支持部分 3b 的距离 O,P 和 Q 相等。每个支持部分 3b 从绝缘层正上方朝着空腔 4a 的中心的正上方有起伏 X 和 Y。上电极在四个地方有这种起伏。在振动部分 3c 上有多个小孔 3a。此外，振动部分 3c 的端部的底面与延伸到绝缘层的支持部分 3b 的上表面处在相同的高度。

在这电声换能器的周边处形成 Au/TiW 膜 5 的端子，后者连接到下电极(硅衬底 1)。在支持部分 3b 上形成另一个 Au/TiW 膜 5 的端子，后者连接到上电极。

这种电声换能器用下面的生产工艺来生产。

首先如图 2(a)和 2(a')所示，利用气体  $\text{NH}_3 + \text{SiH}_2\text{Cl}_2$  在大约 750 到 850 °C 的淀积温度下，在作为电声换能器一个电极的 n 型硅衬底 1(有大约  $625\mu\text{m}$  厚和  $3$  到  $6\Omega/\square$  的电阻率)的整个表面上用 LP-CVD 法形成大约  $1.2\mu\text{m}$  厚的 SiN 膜 2。随后，用光刻法使 SiN 膜 2 形成所需要的形状的图案(在图 1(a)上用长短交替的虚线表示)，这图案有基本上是等边的八边形的开口和用于连接到下电极的开口。

随后，如图 2(b)和 2(b')所示，利用绝缘层作为掩模，以大约 1 到  $8 \times 10^{15}$  离子/ $\text{cm}^2$  的剂量进行砷或磷离子注入，以便在 n 型硅衬底 1 的表面上形成 n 型扩散层 1a。应当指出，起码在用于连接到下电极的开

口正下方形成 n 型扩散层 1a 就足够了。随后，利用气体  $\text{SiH}_4+\text{PH}_3$  在大约 350 到 450 °C 的淀积温度下，在所形成的硅衬底 1 的整个表面上淀积大约 1 到  $3\mu\text{m}$  厚的 PSG 膜 4 作为反应膜。PSG 膜 4 的厚度能决定在下电极和上电极之间形成的空腔的高度。此后，为了减小 PSG 膜 4 的高度差，在大约 900 到大约 1000 °C 的温度范围内进行热处理大约 5 几十分钟。

在此，对 PSG 膜 4 的热处理减小了在绝缘膜与硅衬底 1 之间的 PSG 膜 4 上的高度差 M，如图 3(b) 所示。但是，如果不进行热处理，则在下一步要在 PSG 膜 4 上形成的多晶硅膜 3 将涉及代表绝缘膜与硅衬底 1 之间的 PSG 膜 4 的高度差的 L 部分，如图 3(a) 所示。当刻蚀 PSG 膜 4 而形成空腔时，在 L 部分有高度差的多晶硅膜 3 就接触硅衬底 1，10 并在上电极与下电极之间造成短路。

跟着，用光刻方法使 PSG 膜 4 形成图案，以便保留在下一步形成空腔的地方。用把 PSG 膜 4 浸没在 HF 刻蚀剂大约四分钟的方法来形成图案。这样形成 PSG 膜 4 的图案，使得 PSG 膜 4 与绝缘膜重叠大约 15 10 到  $30\mu\text{m}$ 。这种重叠是用来在上电极形成起伏，从而使振动膜(即上电极)容易振动。如果这时 PSG 膜 4 不与绝缘膜重叠，当在下一步刻蚀掉 PSG 膜 4 并干燥时，下电极和上电极就会彼此接触和短路。

随后，如图 2(c) 和 (c') 所示，利用气体  $\text{SiH}_4$  在大约 550 到大约 700 °C 的淀积温度下，在所形成的硅衬底 1 的整个表面上淀积大约 1 到  $3\mu\text{m}$  厚的多晶硅膜 3。此外，在大约 850 到大约 950 °C 的掺杂温度下，利用气体  $\text{POCl}_3$  以磷掺杂多晶硅膜 3 以便提高其导电性。从而，多晶硅膜 3 的表面电阻变为大约几  $\Omega \cdot \text{cm}^2$  到几十  $\Omega \cdot \text{cm}^2$ 。随后，用光刻的方法使多晶硅膜 3 形成有所需要形状的图案，以便形成有支持部分 3b 和振动部分 3c 的上电极。振动部分 3c 的形状是有例如大约  $2.5 \times 10^5$  到 20 大约  $14.4 \times 10^5 \mu\text{m}^2$  面积的一个等边八边形。支持部分 3b 的形状是矩形，其长边与振动部分 3c 的一个边一致。支持部分 3b 处在振动部分 3c 的边上，每隔一边有一个支持部分延伸的地方。此外，在 PSG 膜 4 上的 25

多晶硅膜 3 上形成六十到八十個直径大约 6 到  $10\mu\text{m}$  的小孔 3a。这些小孔用来使下一步的 PSG 膜 4 刻蚀更快。还有，通过形成小孔 3a，就有可能使上电极与下电极之间的空气摩擦阻力优化，从而，使声特性变平，并改进高音调声音(高频)区域的灵敏度，如图 4 所示。

5 此外，如图 2(d)和 2(d')所示，用 Au/TiW 膜 5(大约 2 到大约  $4\mu\text{m}$ /大约 0.2 到大约  $0.3\mu\text{m}$  厚)形成端子，以便从下电极和上电极取出信号。在此，Au 膜用来在下一步用 HF 刻蚀剂刻蚀 PSG 膜 4 时，防止端子被刻蚀掉，而在形成 Au 膜之前形成 TiW 膜，用以防止 Au 膜扩散到下电极和上电极。

10 随后，如图 2(e)和 2(e')所示，把所形成的硅衬底 1 浸没在 5 到 10%HF 刻蚀剂中几小时，并用 IPA(异丙醇)置换进行干燥，从而用刻蚀法去掉 PSG 膜 4 来形成空腔 4a。

现在参考图 5 来解释上述的电声换能器的工作原理。

15 把电压 ED(即大约 3 到大约 6V 的 DC)加到上电极 3 和下电极 1。当从外面加上对应于声音的振动 F 时，作为振动膜的上电极 3 被振动，从上电极 3 到下电极 1 的距离改变(如图 5 中的  $\alpha$ 、 $\beta$  等所示)。从而，电极 1 和 3 之间的静电电容量被改变，电荷量跟着改变。进而随电荷量改变而发生电流。这电流通过电阻 R(例如大约 1 到  $3\text{k}\Omega$ )，从而输出对应于声音的电压 E。

## 20 第二实施例

如图 6 所示，除了下面的区别之外，这实施例中的电声换能器与图 1 的电声换能器基本上相同，这区别是：在形成上电极的多晶硅膜 13 中，振动部分 13c(上电极的在空腔 14a 正上方的部分)的底面在支持部分 13b 的顶面的上方，而所述支持部分 13b 在绝缘层 SiN 膜 2 正上方延伸。

## 25 第三实施例

如图 7 所示，除了下面的区别之外，这实施例中的电声换能器与图 1 的电声换能器基本上相同，这区别是：绝缘层 SiN 膜 22 复盖作为

下电极的硅衬底 1 的整个表面，结果上电极只在支持部分 23b 处有起伏。

在该电声换能器中，因为绝缘层复盖下电极的整个表面，即使当电声换能器用作电声换能器，突然大的声音造成振动时，电声换能器也能防止上电极与下电极之间的短路。因此，有可能避免损坏电声换能器本身。

#### 第四实施例

如图 8 所示，除了下面的区别之外，这实施例中的电声换能器与图 1 的电声换能器基本上相同，这区别是：在硅衬底 31 的不存在绝缘层 SiN 膜 22 的表面处形成凹入的部分，因此振动部分 33c 的表面按照凹入的部分的深度下沉。

该电声换能器可以用除了下面的区别外的与第一实施例的相同的生产工艺来生产，即，在图 2(a)和 2(a')中，当用光刻法使 SiN 膜 2 形成图案时用刻蚀把硅衬底 1 去掉大约 0.5 到大约 2.0 $\mu\text{m}$ , 然后在图 2(b) 和 2(b')中，在凹入的部分的底部注入离子，并在包括凹入的部分的硅衬底 1 的整个表面上形成 PSG 膜 4.

#### 第五实施例

如图 9 所示，除了下面的区别之外，这实施例中的电声换能器与图 1 的电声换能器基本上相同，这区别是：绝缘层 SiN 膜 42 与上电极的支持部分 43b 接触，在支持部分 43b 中没有形成起伏，而振动部分 43c 有一个起伏，此起伏在接近绝缘层的边缘的振动部分 43c 的顶面和底面上通过弯曲而形成。

#### 第六实施例

如图 10 所示，除了下面的区别之外，这实施例中的电声换能器与图 1 的电声换能器基本上相同，这区别是：多晶硅膜 53 的上电极有一个呈基本上等边的六边形的振动部分 53c，在振动部分 53c 的周边上的三个地方延伸出三个支持部分 53b.

从振动部分 53c 的中心到支持部分 53b 的距离 R,S 和 T 相同。

三个支持部分 53b 对振动部分 53c 的支持以较强的张力保持着振动部分 53c，因而增强了对由声音产生的振动的灵敏度。

### 第七实施例

如图 11 所示，除了下面的区别之外，这实施例中的电声换能器与图 1 的电声换能器基本上相同，这区别是：几乎只在支持部分 63b 的正下方设置绝缘层 62。

通过只在支持部分 63b 的正下方设置绝缘层 62，就有可能在电声换能器的生产工艺中，以绝缘层作为掩模，在图 2(b)和 2(b')中，用离子注入的方法，连续地从振动部分的下面到用于连接到下电极的端子的下面形成 n 型扩散层。因而，能减小下电极的电阻率。

### 第八实施例

如图 12(b)所示，除了下面的区别之外，这实施例中的电声换能器与图 1 的电声换能器基本上相同，这区别是：由多晶硅膜制成的上电极的振动部分 73c 在其周边处有多个凸起和凹陷。

除了下面的区别之外，这电声换能器能够用与第一实施例中的相同的生产工艺来生产，即，在图 2(b)和 2(b')中，在淀积 PSG 膜 74(到大约  $2.0\mu\text{m}$  厚)和形成所需要的图案后，在 PSG 膜 74 的周边形成如图 12(a)所示的有线宽 G(大约 10 到  $20\mu\text{m}$ )的光刻掩模 77，利用光刻掩模 77、通过把 PSG 膜 74 浸泡在 HF 刻蚀剂中大约两分钟，刻蚀 PSG 膜 74 大约 0.3 到  $1.0\mu\text{m}$ ，以便在 PSG 膜 74 的周边表面形成多个凸起和凹陷。

### 第九实施例

如图 13(a)和 13(b)所示，除了下面的区别之外，这实施例中的电声换能器与图 1 的电声换能器基本上相同，这区别是：多晶硅膜 3 制成的上电极的振动部分 3c 全都被带形壁 6a 所包围。

壁 6a 由  $18\mu\text{m}$  高和  $40\mu\text{m}$  宽的镀金膜制成。

该电声换能器用下面的生产工艺生产：

在第一实施例中的图 2(c)和 2(c')之后，如图 14(a)和 14(a')所示，

在所得的硅衬底 1 的整个表面上形成大约 0.05 到

$0.2\mu\text{m}$ /0.1 到  $0.4\mu\text{m}$  厚的 Au/TiW 膜 7.

随后，如图 14(b)和 14(b')所示，在整个 Au/TiW 膜 7 表面上形成大约 10 到  $30\mu\text{m}$  的抗蚀膜，并在要形成壁和提取信号的端子的区域形成开口，从而形成抗蚀剂图案 8.

此后，如图 14(c)和 14(c')所示，利用镀金溶液淀积金镀膜，然后去掉抗蚀剂图案 8.

随后，如图 14(d)和 14(d')所示，利用镀金膜作为掩模刻蚀 Au/TiW 膜 7 来形成壁 6a 和信号输出端子 5a.

此后，如图 14(e)和 14(e')所示，把所得的硅衬底 1 浸泡在 5 到 10%HF 刻蚀剂中几小时，并用 IPA 置换来干燥，以便用刻蚀方法去掉 PSG 膜 4 而形成空腔 4a.

#### 第十实施例

如图 15(a)和 15(b)所示，除了下面的区别之外，这实施例中的电声换能器与图 1 的电声换能器基本上相同，这区别是：这器件在多晶硅膜 3 制成的上电极的支持部分 3b 的所有周边上有如第九实施例所描述的壁 6a.

应当指出，图 15(a)和 15(b)表示用刻蚀方法去掉 PSG 膜 4a 后的电声换能器，而图 16(a)到 16(c)表示用刻蚀方法去掉 PSG 膜 4a 前的电声换能器.

这电声换能器能够用与第九实施例相同的生产工艺来生产.

#### 第十一实施例

如图 17(a)和 17(c)所示，除了下面的区别之外，这实施例中的电声换能器与图 1 的电声换能器基本上相同，这区别是：该器件在多晶硅膜 3 制成的上电极的振动部分 3c 和支持部分 3b 上延伸的区域的所有周边上有壁 6b。壁 6b 用  $18\mu\text{m}$  高和  $60\mu\text{m}$  宽的镀金膜制成。

应当指出，图 17(a)和 17(c)表示用刻蚀方法去掉 PSG 膜 4a 后的电声换能器，而图 17(b)表示用刻蚀方法去掉 PSG 膜 4a 前的电声换能器.

## 第十二实施例

如图 18(g)所示，除了下面的区别之外，这实施例中的电声换能器与图 1 的电声换能器基本上相同，这区别是：在多晶硅膜 3 制成的上电极的支持部分的周边形成金隆起块(bumps)的三个壁 6c,6d 和 6e。在这些壁 6c,6d 和 6e 中，较接近振动部分的中心的壁比其它壁有较小的高度。壁 6c,6d 和 6e 分别是 18 $\mu\text{m}$  高和 30 $\mu\text{m}$  宽，12 $\mu\text{m}$  高和 30 $\mu\text{m}$  宽和 6 $\mu\text{m}$  高和 30 $\mu\text{m}$  宽。它们之间的间隔是 20 $\mu\text{m}$ 。

最高的壁 6c 能改善方向性，其它壁 6d 和 6e 能改善声音收集效果。

该电声换能器可以用下面的生产工艺生产：

在直到第九实施例中的图 14(a)和 14(a')之后，把 25 $\mu\text{m}$  厚的抗蚀剂涂敷到 Au/TiW 膜 7 的整个表面上，并在要形成壁 6e 和形成输出信号的端子的区域处形成开口，从而形成抗蚀剂图案 9a，如图 18(a)和 18(a')所示。

此后，如图 18(b)和 18(b')所示，利用镀金溶液淀积金镀膜 6e'，然后去掉抗蚀剂图案 9a。

随后，如图 18(c)和 18(c')所示，如上所述地涂敷抗蚀剂，并在要形成壁 6d 的区域处形成开口，从而形成抗蚀剂图案 9b。

此后，如图 18(d)和 18(d')所示，利用镀金溶液淀积金镀膜 6d'，然后去掉抗蚀剂图案 9b。

随后，如图 18(e)和 18(e')所示，如上所述地涂敷抗蚀剂，并在要形成壁 6c 的区域处形成开口，从而形成抗蚀剂图案 9c。

此后，如图 18(f)和 18(f')所示，利用镀金溶液淀积金镀膜 6c'，然后去掉抗蚀剂图案 9c。

随后，如图 18(g)和 18(g')所示，利用金镀膜 6c',6d' 和 6e' 作为掩模刻蚀 Au/TiW 膜 7 来形成壁 6c,6d 和 6e 和信号输出端子 5a(未示出)。

此后，用与第一实施例同样的方式通过刻蚀 PSG 膜 4 来形成空腔 4a。

### 第十三实施例

如图 19 所示，除了下面的区别之外，这实施例中的电声换能器与图 18(g)的电声换能器基本上相同，这区别是：在多晶硅膜 3 制成的上电极的支持部分 3b 的所有周边上形成壁 6f，此壁的顶部有阶梯。壁 6f 高 18 $\mu\text{m}$ ，12 $\mu\text{m}$  和 6 $\mu\text{m}$  而宽 90 $\mu\text{m}$ 。

该电声换能器能够用与第十二实施例相同的生产工艺来生产。

### 第十四实施例

如图 20 所示，除了下面的区别之外，这实施例中的电声换能器与图 13(a)的电声换能器基本上相同，这区别是：多晶硅膜 3 制成的上电极的振动部分 3c 几乎是圆形的，并且在支持部分 3b 的整个周边上形成壁 6a。

### 第十五实施例

可以利用多个在第一到第十四实施例中制造的电声换能器产生电信号-声信号变换装置。

这种电信号-声信号变换装置的例子包括：配备有两个或三个或更多没有壁的电声换能器的电信号-声信号变换装置；配备有两个或三个或更多有壁的电声换能器的电信号-声信号变换装置；以及配备有一个或两个或更多没有壁的电声换能器、并且配备有一个或两个或更多有壁的电声换能器的电信号-声信号变换装置。

根据本发明的电声换能器，可以容易地控制作为电容器的一个电极的上电极的厚度，还有，通过形成起伏使上电极保持适当的张力，从而能防止上电极与下电极短路。因此，有可能获得有良好的声特性的高度可靠的电声换能器。

在振动部分的端部的底面处于在绝缘层正上方延伸的支持部分的顶面之上的情况下，可以进一步改善上电极的张力，从而获得良好的声特性。

在振动部分的端部的底面处于在绝缘层正上方延伸的支持部分的顶面以下或处于相同高度的情况下，空腔体积减小。因此，对于相

同的振动，输出电压可以增大。因此，有可能获得有更高灵敏度的电声换能器。

在振动部分在其周边处有多个距下电极有不同距离的小面的情况下，上电极能保持更好的张力，从而导致进一步改善声特性。

在振动部分有起码一个小孔的情况下，能优化上与下电极之间的空气摩擦阻力。因而，有可能使声特性变平，并改善高音调乐音的灵敏度。

在支持部分在离振动部分中心等距离的三个地方支持振动部分的情况下，能进一步改善上电极的张力。

在振动部分基本上是圆形或基本上等边多边形的情况下，声音能均匀地传输到振动部分，因而，除了进一步改善张力外，还能提高声音的灵敏度。这就有可能进一步改善声音效果。

在下电极由半导体衬底构成的情况下，就易于与其它半导体器件的高度集成和结合。

在上与下电极都连接到加电压用的以金隆起块(bumps)制成的端子的情况下，就有可能防止被生产过程中的刻蚀剂和生产后的空气和湿气所氧化和腐蚀。因此，不需要形成附加的保护膜。因此，就有可能改善上电极随输入声音的振动，并且还能提供高可靠性的电声换能器。

在变换器件的上电极的振动部分的周边处配备有壁的情况下，可以切断来自上电极四周的噪声，并可改善输入声音的方向性，这导致进一步改善上电极随输入声音所产生的振动。在支持部分被壁包围的情况下，可以防止因振动部分的厚度变化而造成的振动效率损失，这导致进一步改善上电极随输入声音所产生的振动。在振动部分和支持部分之上延伸的周边区域有壁的情况下，可以减小上电极的支持部分的面积而不降低壁的强度。因此，有可能因为减少了寄生电容而改善电容器转换效率，改善振动效率和减小尺寸。

在上电极配备有多个壁的情况下，在上电极有多个这样的壁，即

00·10·15

随着壁越靠近振动部分的中心、壁的高度越小的情况下，和/或在上电极配备有这样的壁，即所述壁的顶面的高度朝着振动部分的中心降低的情况下，能进一步改善方向性和声音收集效果。

此外，根据本发明的生产电声换能器的工艺，可以用简化的工艺来生产高可靠高性能的电声换能器。  
5

采用只加入一个抗蚀掩模的简单工艺，就有可能生产高质量的具有改善了上电极张力的电声换能器。

在上电极有小孔的情况下，能减少刻蚀反应膜所需的时间，这简化了生产工艺和导致生产成本的降低。

10 在用以磷掺杂的氧化硅膜制成反应膜的情况下，更容易简化生产工艺和降低生产成本。

00.18.18

## 说 明 书 附 图

图 1(a)

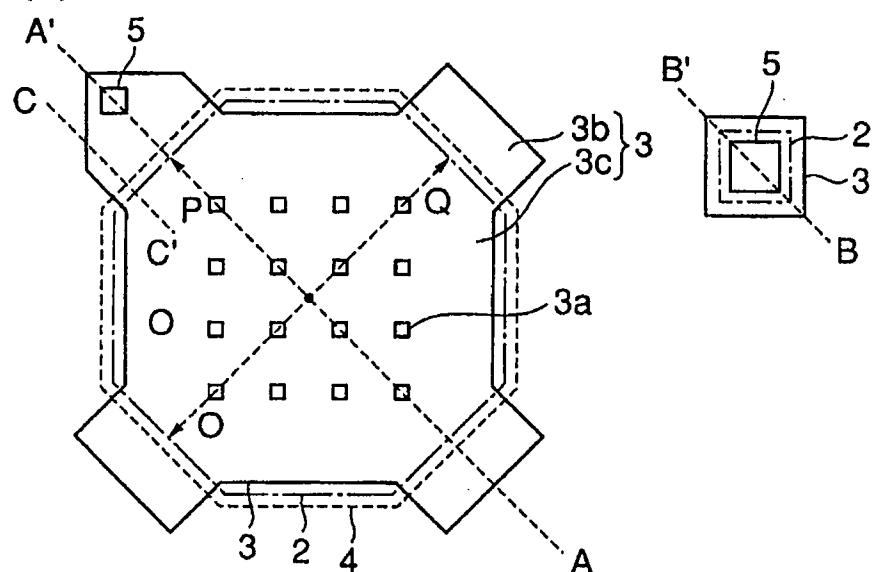


图 1(b)

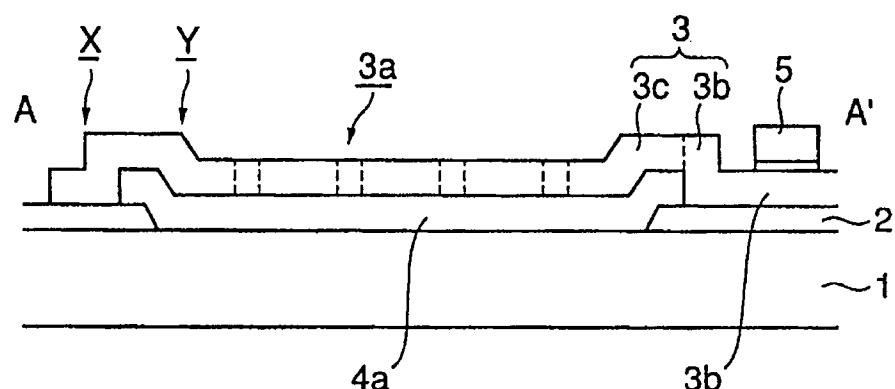
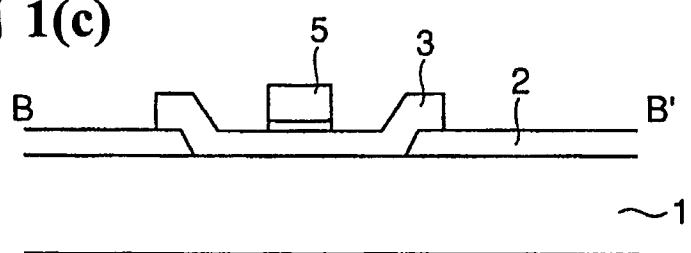


图 1(c)



00·12·15

图 2(a)

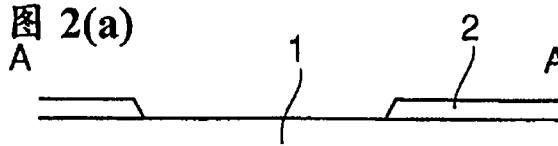


图 2(a')

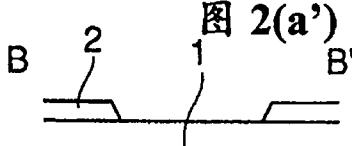


图 2(b)

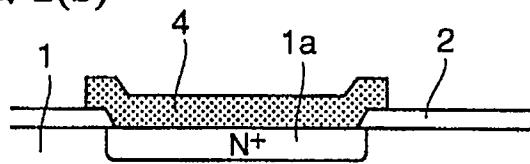


图 2(b')

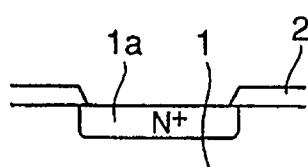


图 2(c)

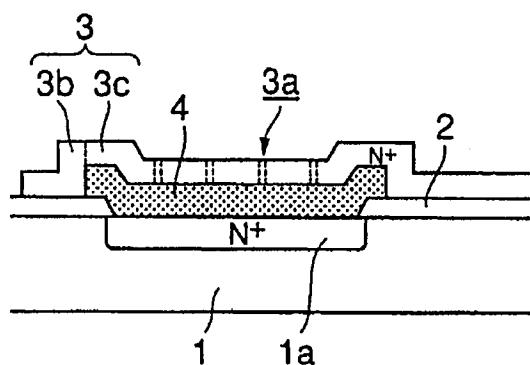


图 2(c')

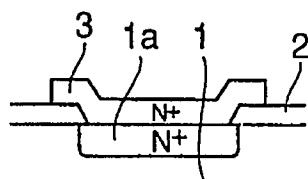


图 2(d)

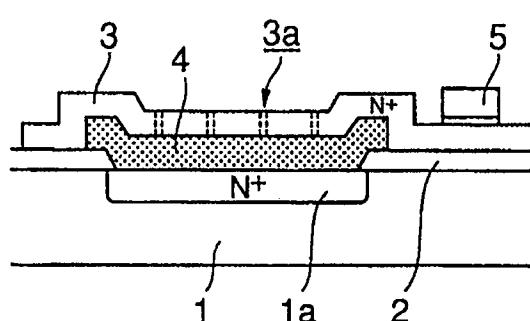


图 2(d')

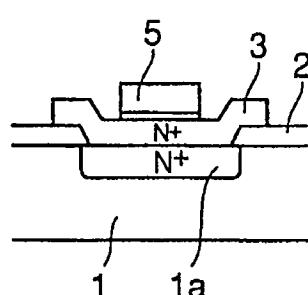


图 2(e)

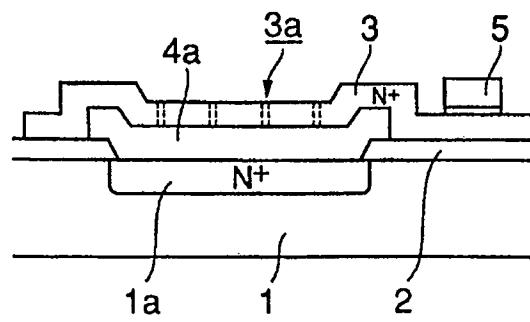
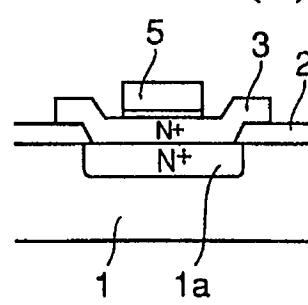


图 2(e')



00·12·15

图 3(a)

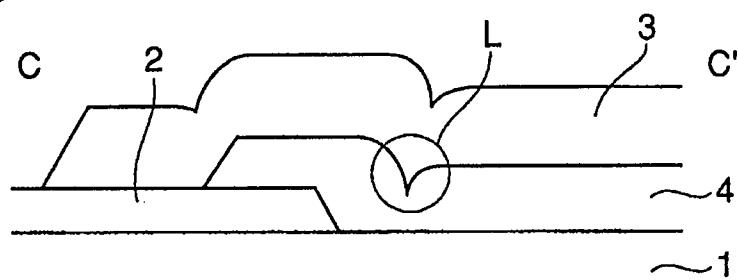
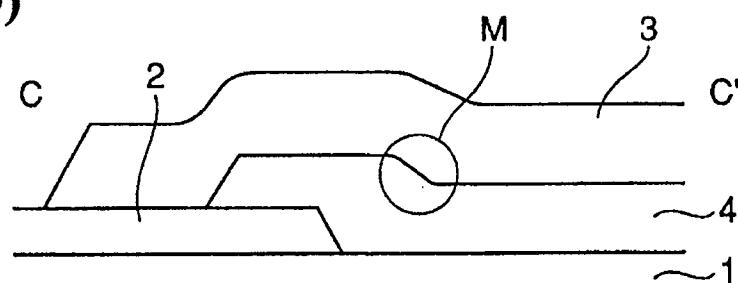


图 3(b)



00·12·15

图 4

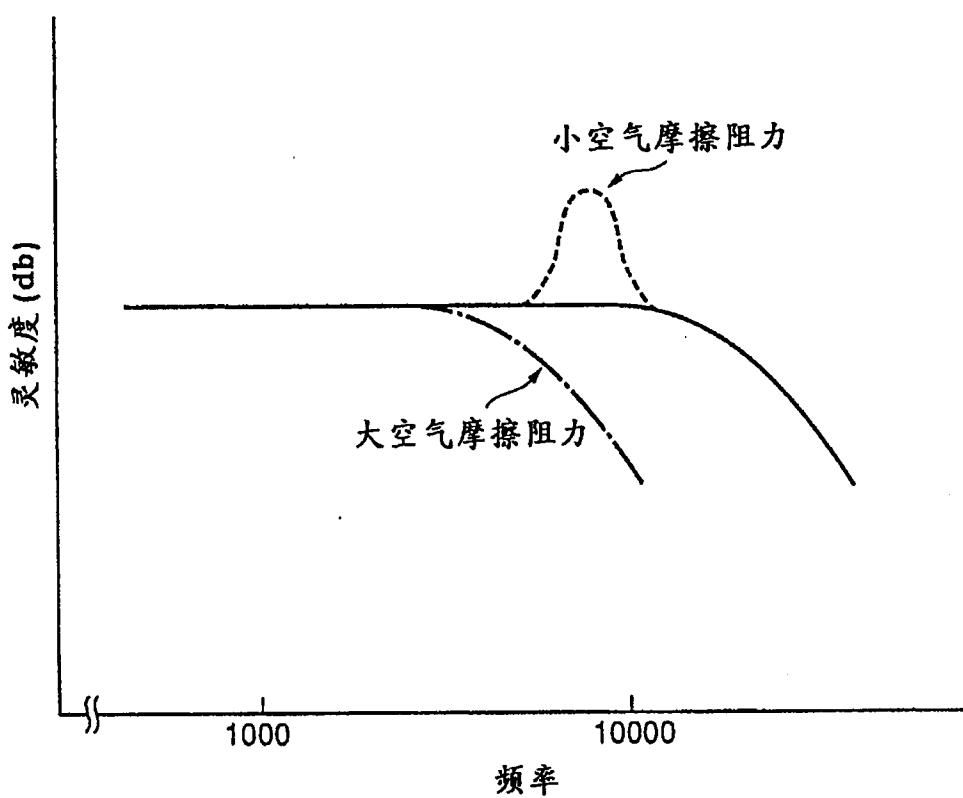
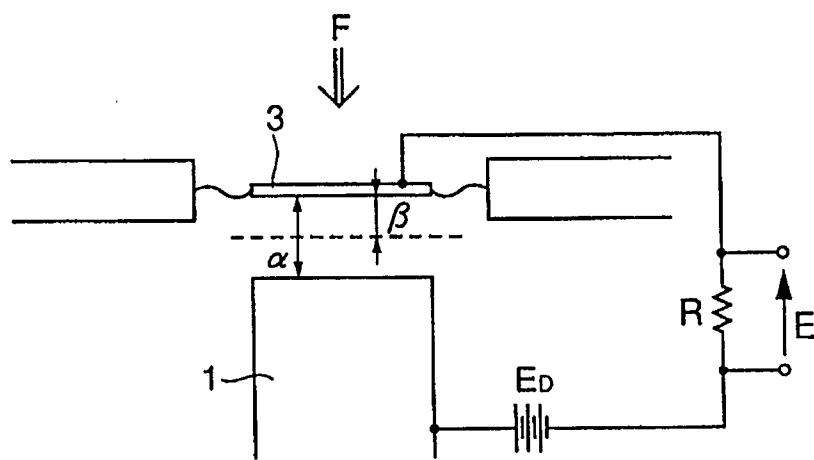


图 5



00·10·15

图 6

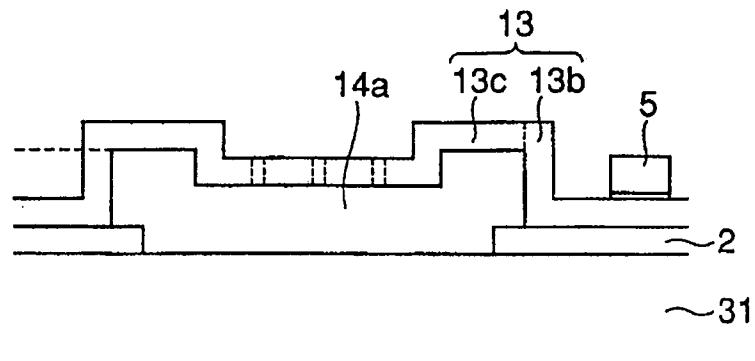


图 7

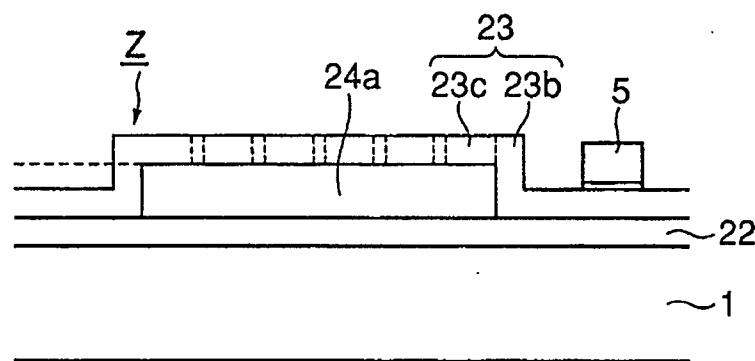


图 8

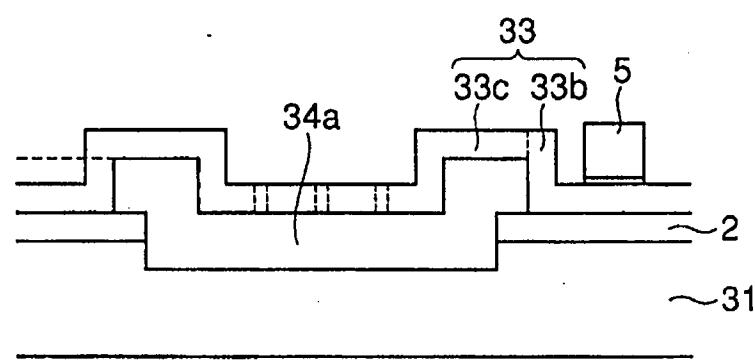
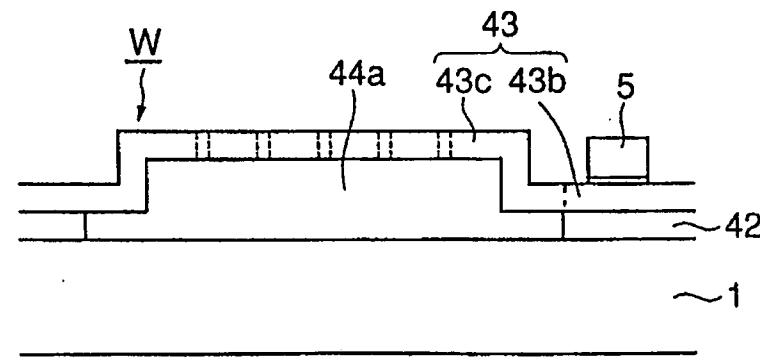


图 9



00·12·15

图 10

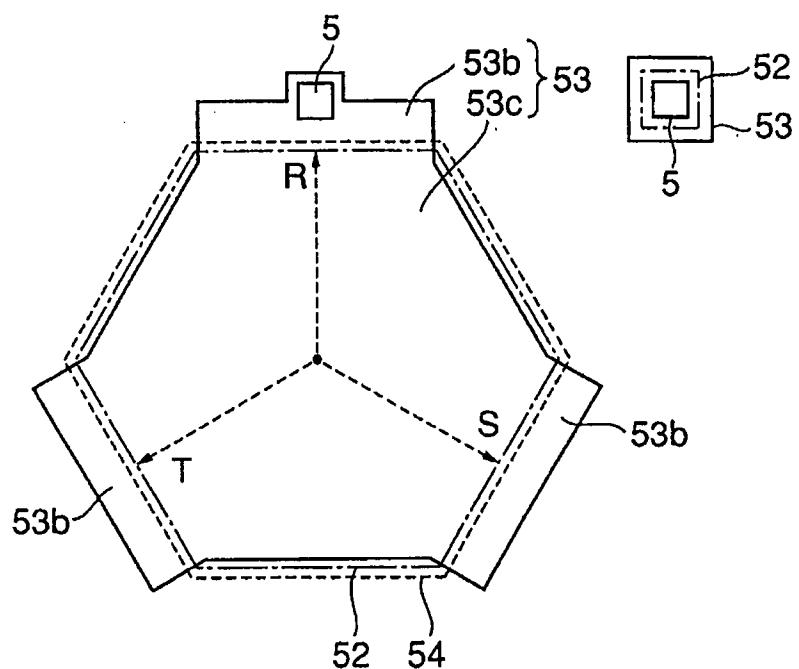
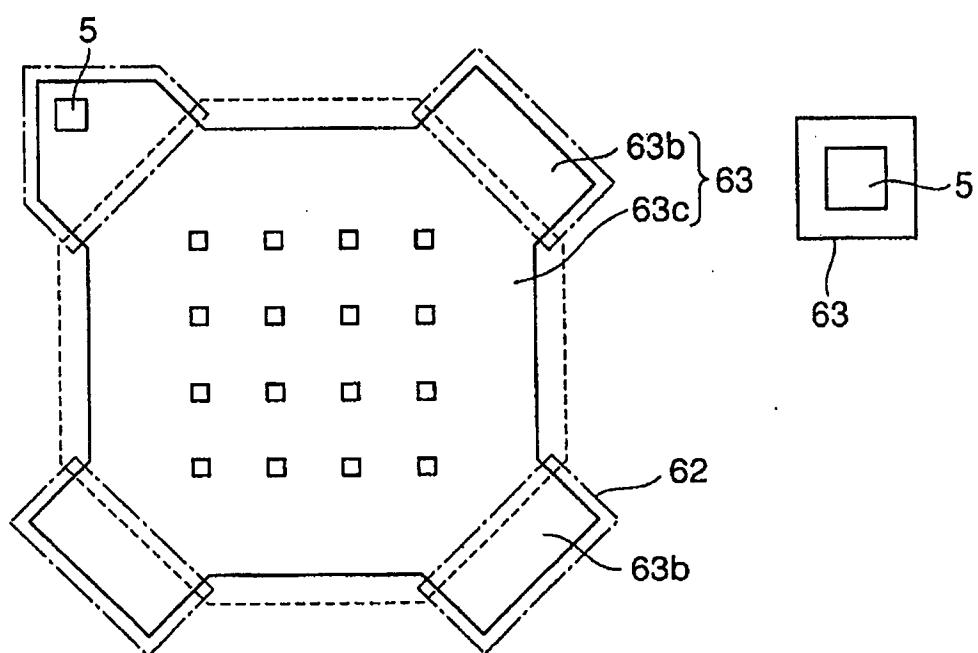


图 11



00·12·15

图 12(a)

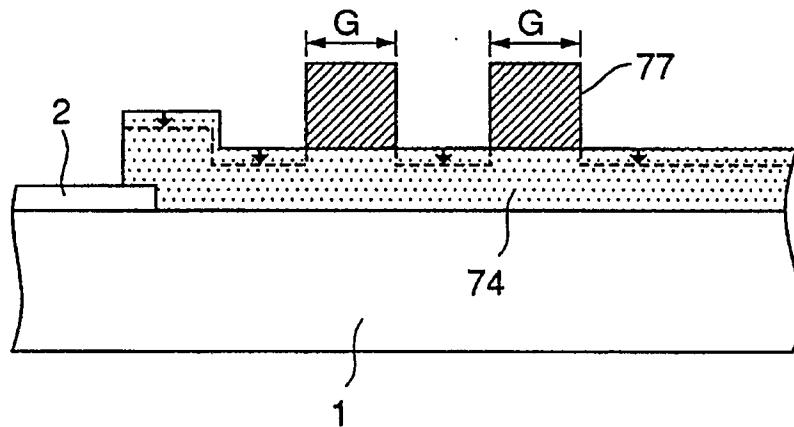
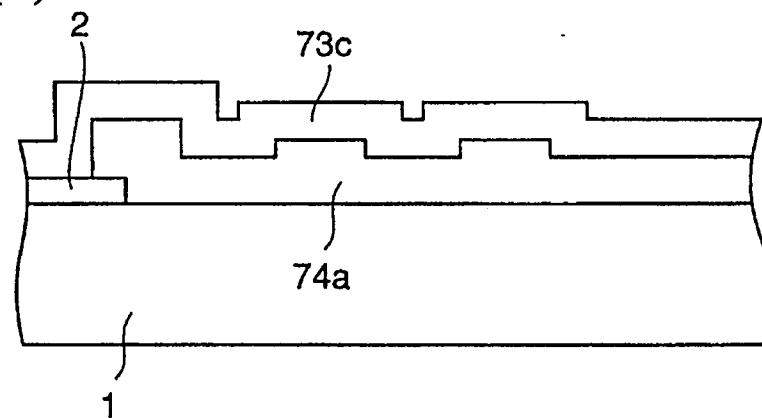


图 12(b)



00·12·15

图 13(a)

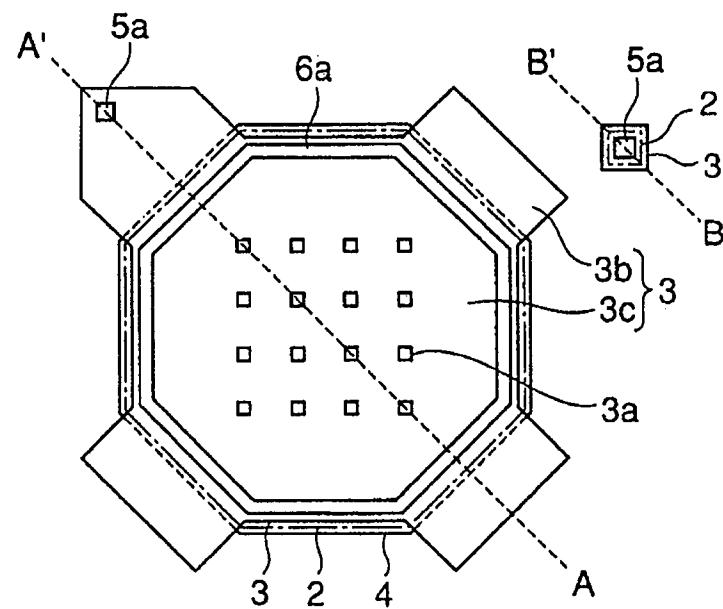
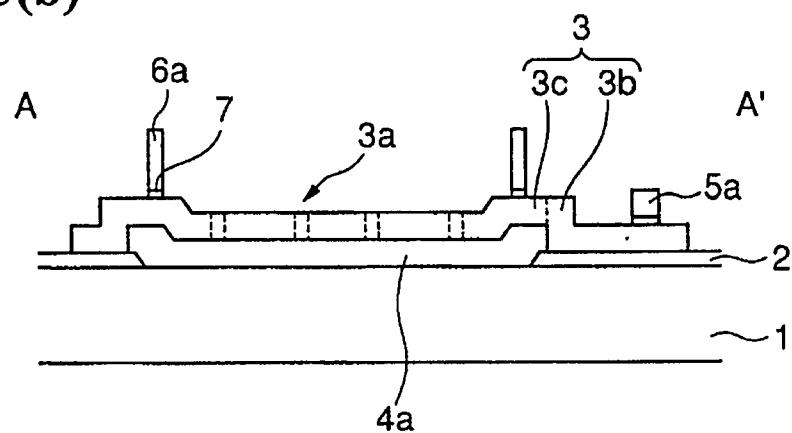


图 13(b)



00·10·15

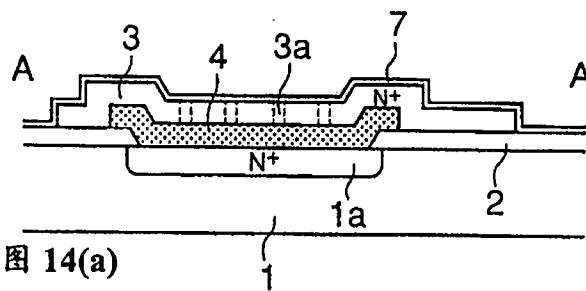


图 14(a)

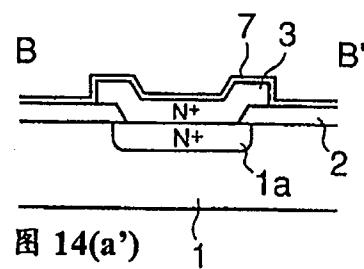


图 14(a')

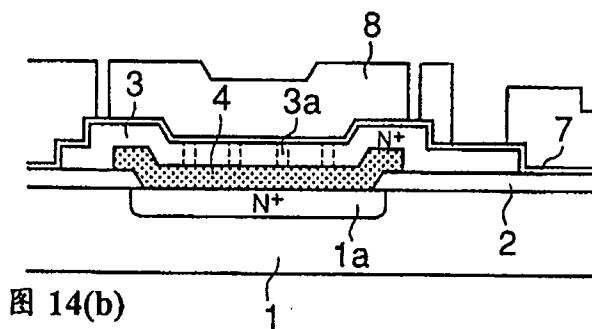


图 14(b)

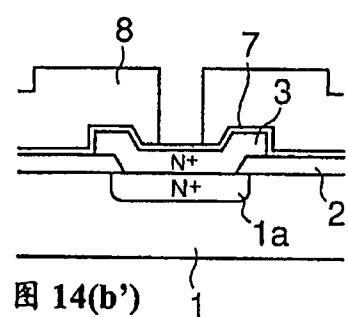


图 14(b')

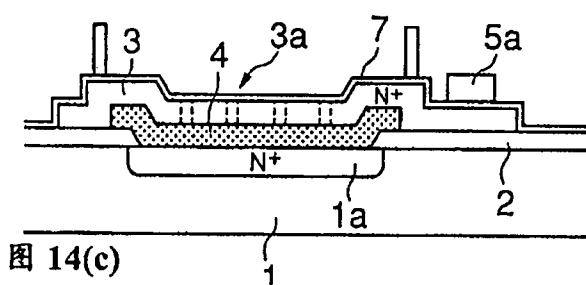


图 14(c)

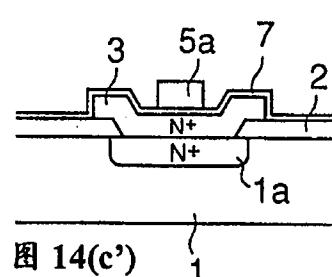


图 14(c')

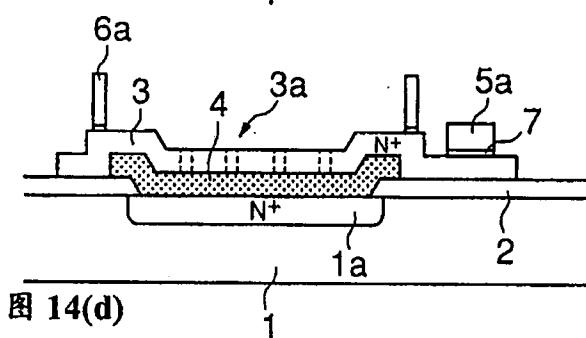


图 14(d)

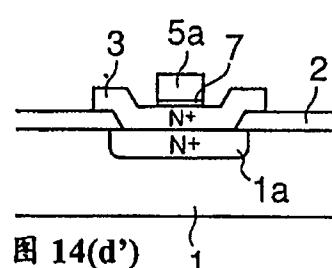


图 14(d')

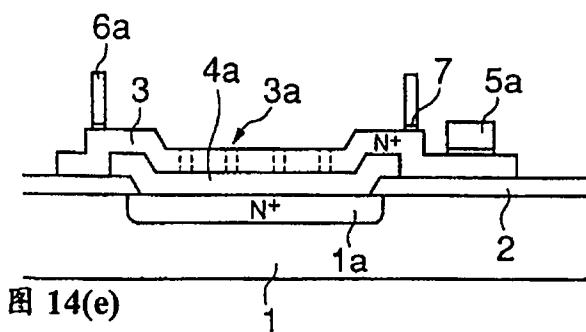


图 14(e)

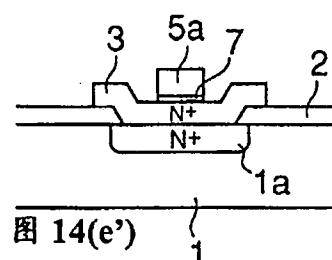


图 14(e')

00·12·15

图 15(a)

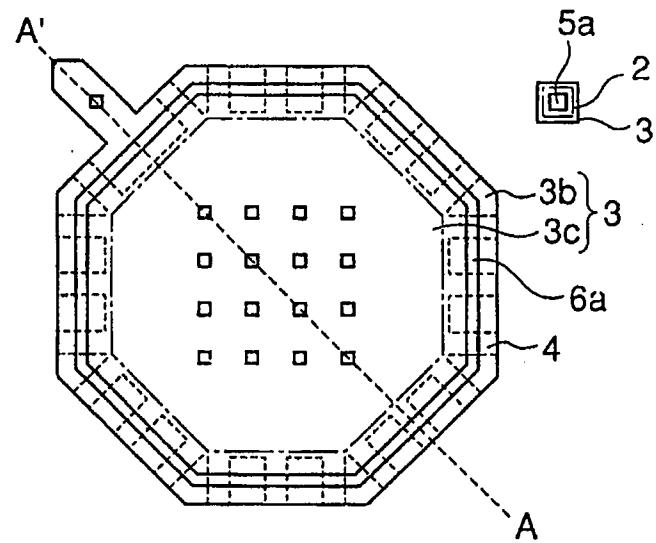
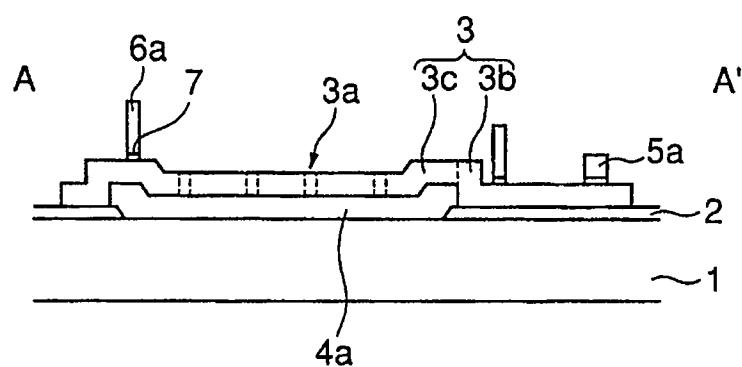


图 15(b)



00·12·15

图 16(a)

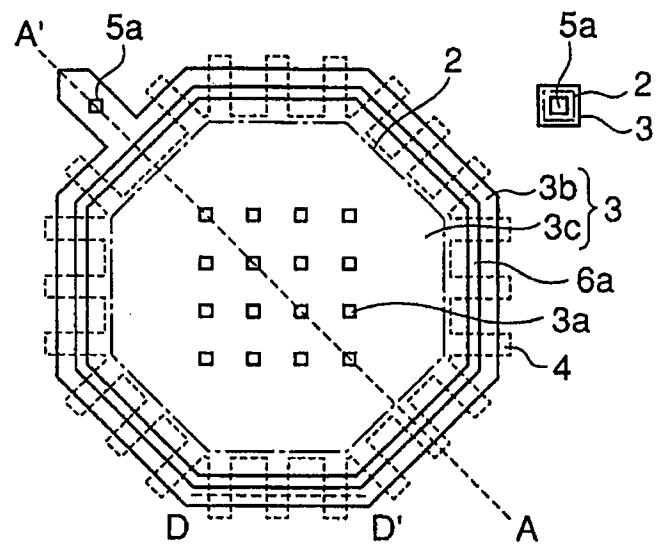


图 16(b)

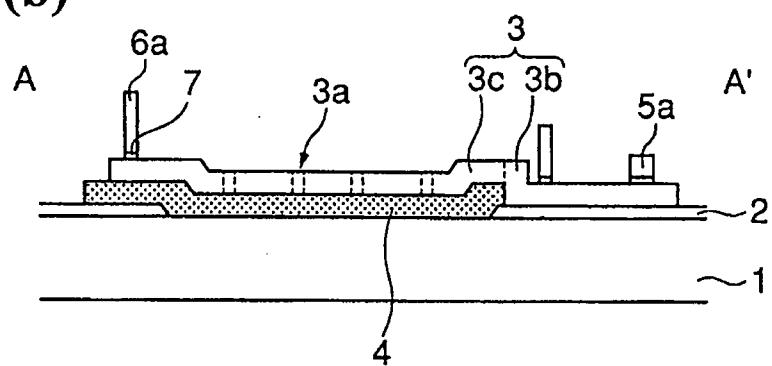
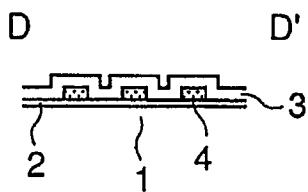


图 16(c)



00:12:15

图 17(a)

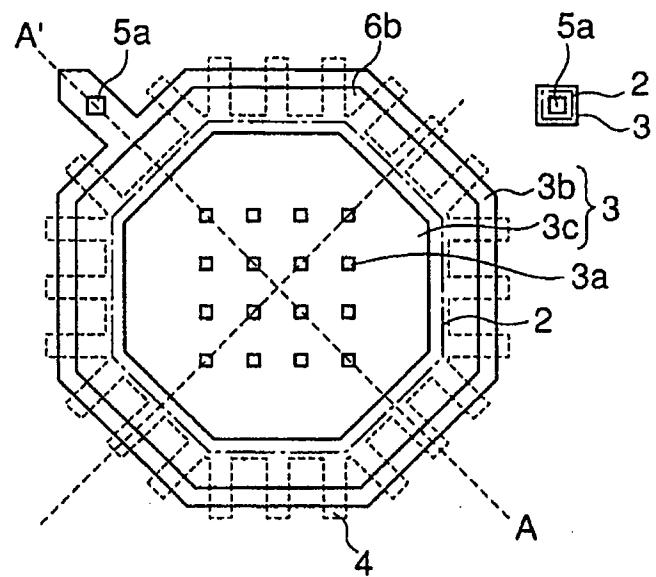


图 17(b)

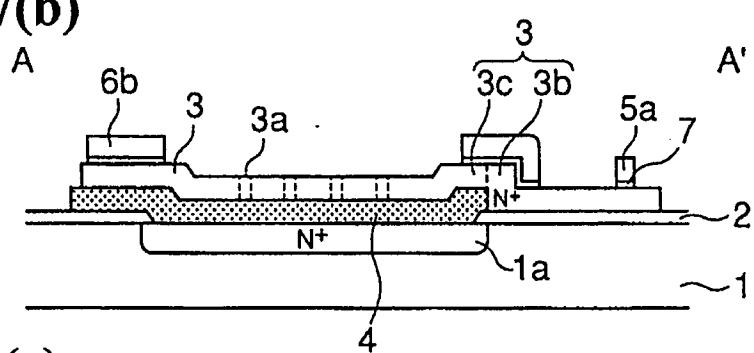
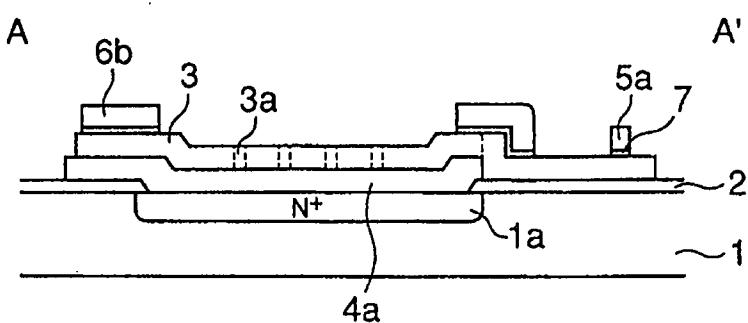


图 17(c)



00·12·16

图 18(a)

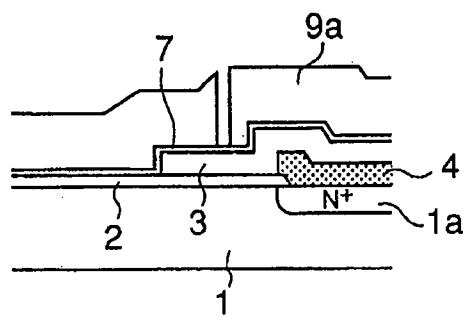


图 18(b)

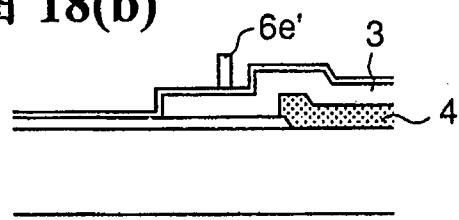


图 18(c)

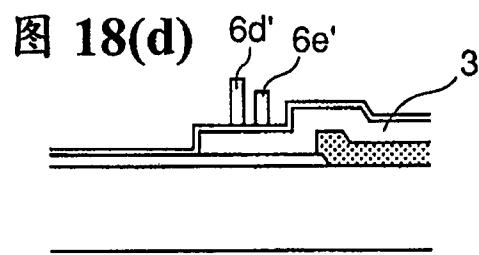
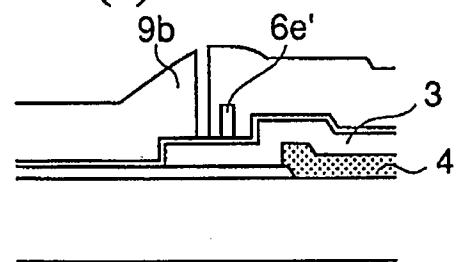


图 18(e)

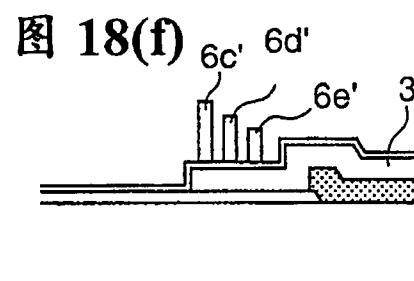
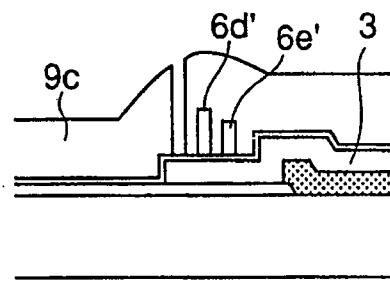
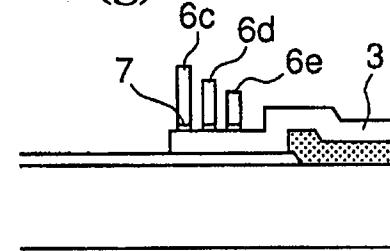
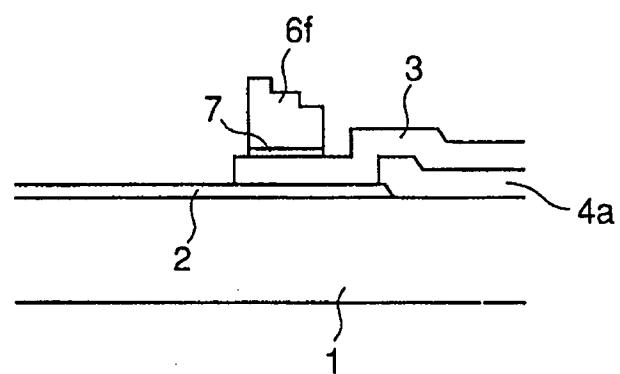


图 18(g)



00·12·15

图 19



00·12·15

图 20(a)

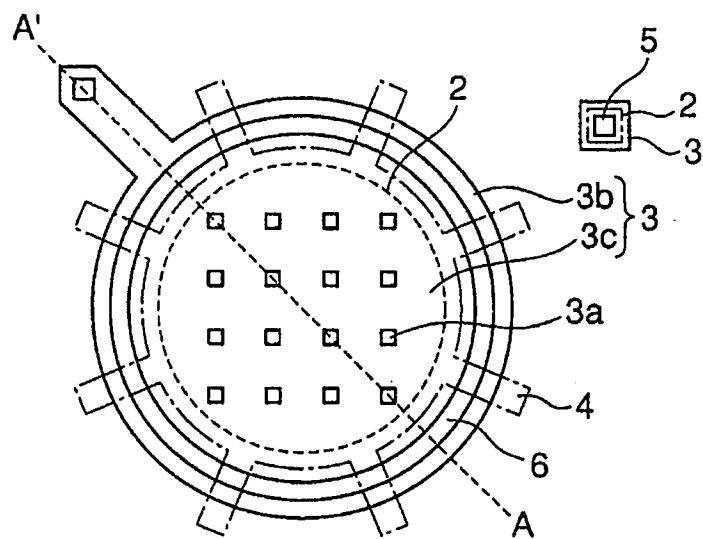
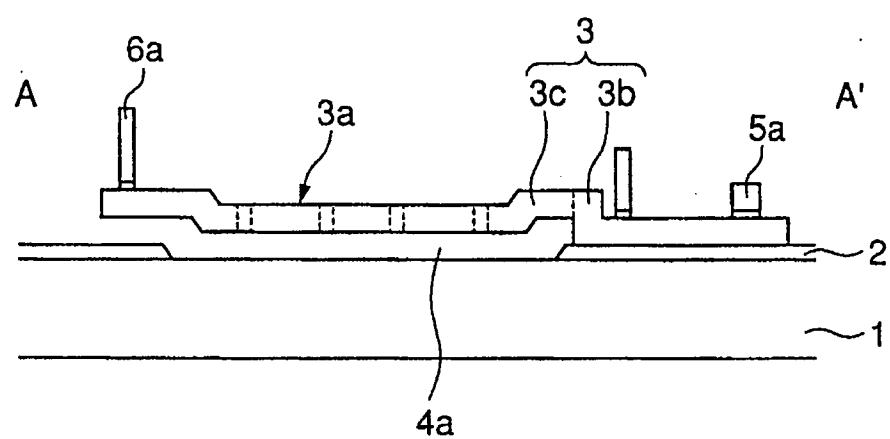
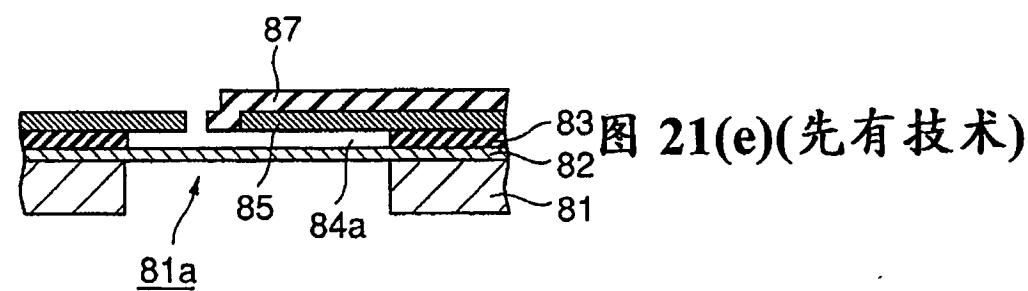
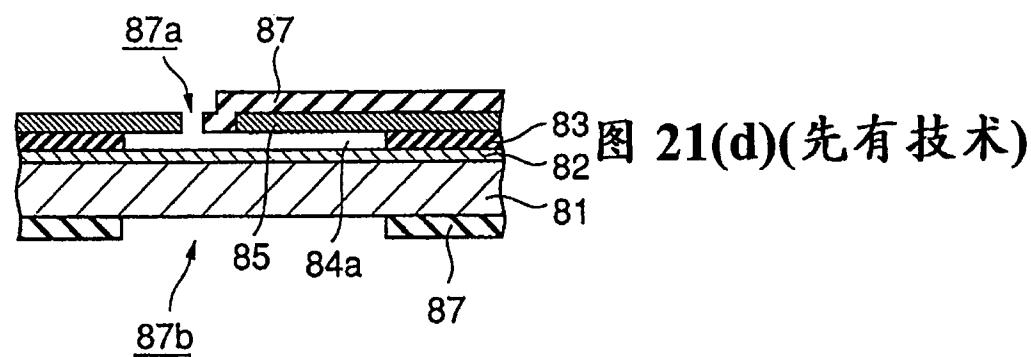
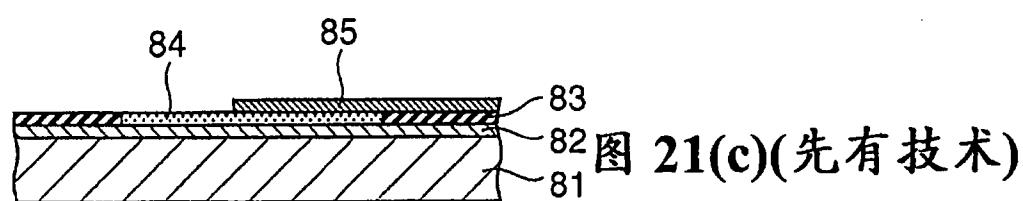
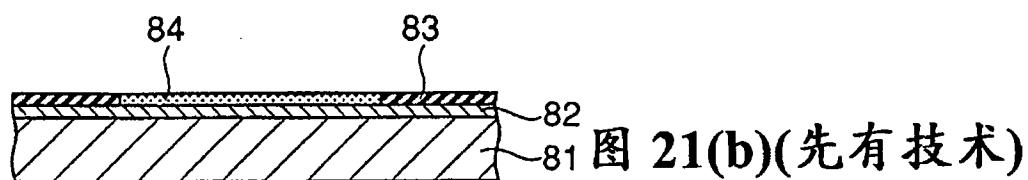
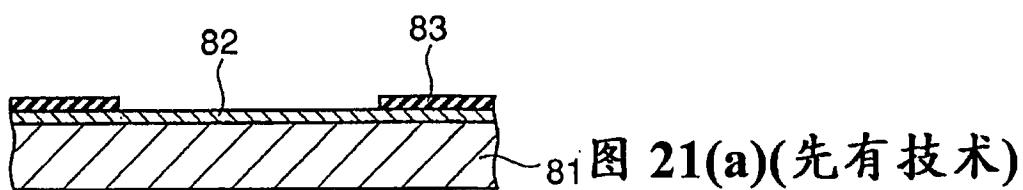


图 20(b)



00-10-15



00-10-15

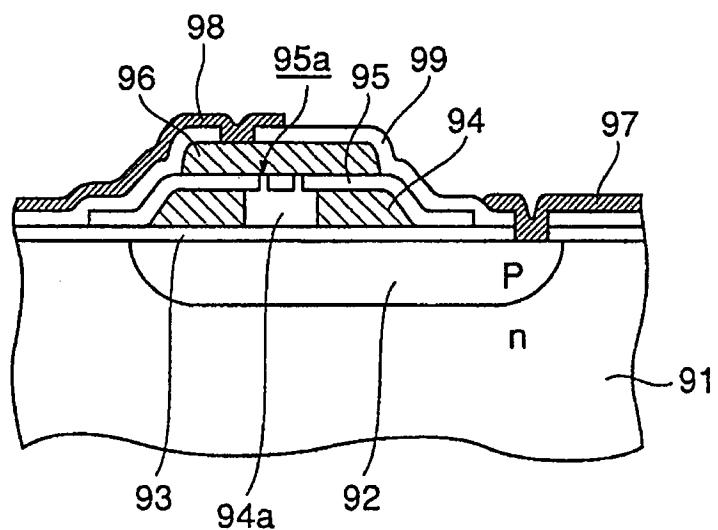


图 22(先有技术)